

厦门演武跨海大桥混凝土结构耐久性的质量控制

宋明辉¹ 胡红梅¹ 林春²

(1. 厦门大学土木工程系 361005; 2. 厦门市路桥咨询监理有限公司 361008)

摘 要: 本文通过厦门演武大桥工程实例, 对跨海桥梁混凝土结构耐久性的质量控制进行了探讨。研究认为, 通过采用环氧树脂涂层钢筋、高性能混凝土、防腐涂料外涂层保护以及加强施工过程中的质量管理等多种有效措施, 可以实现对跨海桥梁混凝土结构耐久性的质量控制。

关键词: 厦门演武大桥 跨海桥梁 混凝土结构 耐久性 质量控制

中图分类号: TU 528.01

文献标识码: A

文章编号: 1004- 6135(2009)03- 0104- 03

Durability quality control for the marine bridge concrete structure of Xiamen Yanwu Bridge

Song minghui¹ Hu hongmei¹ Lin chun²

(1. Department of civil engineering of Xiamen University, Xiamen city 361005;

2. Road & bridge consulting and overseeing co. Ltd of Xiamen city 361008)

Abstract: This essay discusses the durability quality control for marine bridge concrete structure combined with the engineering example of Xiamen Yanwu Bridge. Disquisitions show that by using the Reinforced epoxy coating and HPC, Anti-corrosion coating, and reinforce the measures such as quality management during the construction, we can realize the durability quality control for marine bridge concrete structure.

Keywords: Xiamen Yanwu Bridge Marine bridge Concrete structure Durability Quality control

1 引言

近年来, 随着海峡西岸经济区建设的推进, 福建省桥梁建设发展迅速, 一大批跨海桥梁工程陆续涌现。以厦门为例, 包括已经建成的厦门大桥、海沧大桥、演武大桥和刚刚落成通车的集美大桥, 正在建设中的杏林大桥、厦门公铁大桥, 以及即将兴建的厦漳跨海大桥等等, 都是典型的以混凝土为主体结构的跨海桥梁。由于以氯盐、硫酸盐和镁盐为代表的海洋环境介质以及碱集料反应所引起的化学侵蚀破坏因素, 以气候因素和盐类结晶为代表的物理因素和以混凝土结构的密度程度为代表的自身因素的协同作用, 导致钢筋锈蚀而使混凝土结构过早发生损坏, 丧失了耐久性能, 从而严重威胁其正常使用寿命^[1]。因此, 采取有效的耐久性控制措施, 保证桥梁设计寿命目标的实现, 是一个涉及到跨海桥梁结构设计、材料选择、施工和监理等各方面必须共同面对的综合难题。本文以厦门演武大桥工程为案例, 对跨海桥梁混凝土结构耐久性的质量控制进行了探讨。

2 演武大桥混凝土结构耐久性的质量控制

演武大桥位于厦门岛西南, 与著名风景区鼓浪屿隔海相望, 与著名高等学府厦门大学接踵比邻, 是环岛路向旧市区的延伸段。演武大桥厦大白城- 演武路口段和海军码头- 演武

路口段, 均为海上低桥, 桥面高程 5.5m。演武大桥处于海洋环境, 同时外观设计独特, 简捷明快, 采用低桥位设计方案, 是我国在桥梁设计中桥面最低的桥, 因此对结构的耐久性要求很高。通过采用环氧树脂涂层钢筋、高性能混凝土、防腐涂料外涂层保护以及加强施工过程中的质量管理等多种有效措施, 对演武大桥混凝土结构的耐久性进行控制, 取得了显著的效果。



图 1 演武大桥(海上演武互通立交桥段)

2.1 使用环氧树脂涂层钢筋

国外的大量研究和多年的工程应用表明, 采用环氧树脂涂层钢筋能有效地防止处于恶劣环境条件下的钢筋被腐蚀, 从而大大提高工程结构的耐久性。环氧树脂涂层以其不与酸、碱等反应, 具有极高的化学稳定性和延性大、干缩小, 与金属表面具有极佳的粘着性的特点^[2], 在钢筋表面形成了阻隔其与水分、氧、氯化物或侵蚀性介质接触的物理屏障, 同时, 还因其具有阻隔钢筋与外界电流接触的功能而被认为是化学离子防腐屏



作者简介: 宋明辉, 男, 1984 年 12 月生, 硕士研究生, 主要从事混凝土结构方向的研究。

收稿日期: 2008- 07- 22

障。为了增加钢筋的防腐能力, 演武大桥共采用了 4000 多 t 的环氧树脂涂层钢筋, 是国内较大规模使用抗腐蚀环氧涂层钢筋的桥梁工程。



图 2 演武大桥某墩柱正在检查环氧树脂涂层钢筋

2.2 采用高性能混凝土

高性能混凝土是一种是在大幅度提高普通混凝土性能的基础上采用现代混凝土技术制作的新型高技术混凝土。它以耐久性作为设计的主要指标, 针对不同用途要求, 对下列性能重点予以保证: 耐久性、工作性、适用性、强度、体积稳定性。高性能混凝土在配制上的特点是采用低水胶比、选用优质原材料, 且必须掺加足够数量的矿物掺合料和高效外加剂。

(1) 限制胶凝材料的用量, 采用优质粉煤灰作为矿物掺合料

为了保证高性能混凝土的均匀性和密实性, 对胶凝材料的最低用量和最大用量必须给予限制。分别对桥梁上、下部结构规定: 胶凝材料最少用量不得少于 450kg/m³ 和 400kg/m³, 同时胶凝材料亦不能过量, 以防止混凝土硬化过程中过量收缩而开裂, 因此最大用量不宜超过 500~550kg/m³。文献[3]认为, 单掺硅灰、粉煤灰、矿渣超细粉均明显改善了混凝土的抗氯离子渗透性, 改善顺序按硅灰>矿渣>粉煤灰递减, 且随掺量增加, 效果更加明显^[3]。为了改善混凝土的耐久性, 同时也为了减小水泥用量, 掺加了 I 级粉煤灰作为矿物掺合料。

(2) 优化集料级配, 选用高效减水剂, 保证混凝土的密实度
为保证高性能混凝土良好的密实度, 应采用全级配碎石和中砂, 不使用细砂。试验表明, 粗集料最大粒径对混凝土的强度与抗渗性有较大影响。一些研究者认为, 随着粒径的增大, 在颗粒中隐藏着岩石在爆破开采和破碎加工过程所产生的微裂缝等结构缺陷的几率越大, 因而影响混凝土的强度与抗渗性。但粗大粒径的粗集料和硬化的水泥浆界面的应力差大, 容易产生裂缝, 也会影响到混凝土的耐久性。因此, 采用最大粒径为 25mm 的碎石作为粗集料。

水胶比越低, 混凝土内部结构越密实, 侵蚀介质越难渗入混凝土中引起侵蚀与破坏, 耐久性越好^[4]。采用高效减水剂是降低水胶比的重要措施。现代质量优良的高效减水剂的减水率可以达到 25%~35%, 使得混凝土的水胶比可以大幅降低到 0.40 以下, 大幅提高流动性和改善施工性能的同时, 又可大幅提高混凝土的密实度, 从而大幅提高混凝土的强度和耐久性。经试验, 决定采用厦门某公司生产的 FDN 蔡系高效减水

剂, 混凝土的水胶比控制在 0.35~0.40 的范围。

(3) 优选混凝土配合比

合理的混凝土配合比是保证混凝土结构耐久性的关键。我国多数海上桥梁采用高性能混凝土来保证结构的耐久性。以高耐久性为目标的高性能混凝土突出体现其高抗氯离子渗透性。在混凝土的试配阶段, 除了和易性和强度等常规实验以外, 还应应对混凝土的抗渗性、抗氯离子渗透性和抗裂性能进行检验。高性能混凝土的设计目标为: 强度等级 C50, 坍落度 T=150mm±30mm, 满足泵送施工要求; 抗渗等级 ≥P6, 抗氯离子渗透性指标: 用 ASTM1202 快速试验方法测得的电通量 ≤1000 库仑; 抗裂性能采用约束状态下平板试件, 根据试件开裂时间、裂缝数量和裂缝宽度评定抗裂等级, 应满足 I 级标准。根据试配结果, 选择满足设计目标要求的混凝土配合比, 详见表 1。

表 1 高性能混凝土的配合比

材料用量/ kg/m ³						配合比			水胶比		砂率 /%
水泥	粉煤灰	砂子	石子	水	蔡系减水剂	C	S	G	W		
390	130	672	1008	185	3.64	1	1.29	1.94	0.36	0.36	40

2.3 防腐涂料外涂层保护

对演武大桥全段结构表层涂刷多层防腐涂料, 对其实施外涂层保护, 被证明是一种行之有效的防腐蚀措施。综合国内外桥梁混凝土防腐涂装的经验, 演武大桥选用以下涂料, 获得了良好的涂装效果:

(1) 渗透型环氧封闭底漆

由于混凝土表面疏松多孔, 因而涂装渗透性封闭底漆以增强其表面强度, 增加涂层与混凝土的附着力, 还起到增加涂层封闭性和抗渗透性作用。FPP502 是一种高固体份低粘度的强渗透性抗碱底漆, 它能深入渗透进混凝土, 反应固化后锚固和封闭基面, 为后道涂装提供良好表面。

(2) 环氧腻子补平层

由于混凝土表面凹凸不平, 需采用腻子补平, 环氧腻子具有极佳的附着力、耐碱性、耐腐蚀性和强度, 是一种理想的补平材料, 可以增加混凝土表面强度和涂层耐久性, 提高涂层的抗渗透性。

(3) 屏蔽型环氧厚膜型中涂漆

该涂料是一种高固体份厚膜中涂漆, 具有极佳的附着力、耐碱性和抗渗透性, 涂装后增加涂层厚度, 增强整个涂层的抗渗透性。

(4) 耐候性优异的脂肪族聚氨酯面漆

该涂料常作为各种恶劣气候条件下长效涂装系统的面漆, 涂膜具有极佳的耐盐雾性、耐海洋大气腐蚀性, 在强烈日光紫外线照射不易降解、粉化和变色, 能使涂层长期保持良好外观。

2.4 加强施工过程中的质量控制和管理

在桥梁的实际施工过程中, 质量控制与评估将是重中之重。主要涉及到混凝土成型质量、养护、保护层厚度等方面, 以及环氧树脂涂层钢筋的施工质量控制。

(1) 混凝土成型质量的控制

高性能混凝土应拌和充分, 现场施工时需要保证工作性能良好, 振捣密实, 同时要十分重视结构的外观质量, 避免出现露筋、空洞、裂隙、夹渣、蜂窝、麻面、砂斑、砂线等各种内外缺陷。

这些缺陷可使海水污染物在其表面积聚,并通过毛细作用进入混凝土内部,降低结构耐久性。因此,严格控制混凝土的成型质量,是确保混凝土良好的密实性和外观质量的重要环节。

(2) 及时养护

养护要及时。在高性能混凝土浇筑过程中,为减少混凝土表面曝晒时间,防止混凝土表面水分蒸发,采用塑料薄膜等不吸水的材料,边浇筑边覆盖。待初凝抹面收浆后,在混凝土表面包裹塑料薄膜保湿养护。混凝土脱模后,应先在混凝土表面洒水湿润,立即包裹严实,塑料薄膜要紧贴混凝土表面,不漏缝、不透风。在养护期限内,混凝土表面自始至终要保湿。在养护期间,要确保混凝土的表面温度与大气温度之差不得超过 20°C 。大体积混凝土施工时,要制定周密的温控方案,作好温控测试,保证混凝土的内外温差控制在设计要求的范围之内。

(3) 保证混凝土保护层厚度

足够的钢筋保护层厚度是混凝土结构增加耐久性最直接、最有效的措施。我国现行有关混凝土设计及施工规范均对不同结构、不同部位的保护层厚度做了详细规定。为了保证海洋环境水下和水下混凝土构筑物的耐久性,混凝土保护层的厚度不宜小于 50mm ,但过厚的保护层会引起其外缘的开裂,反而恶化其抗渗能力。演武大桥主体结构的混凝土保护层厚度确定为 60mm 。

(4) 环氧树脂涂层钢筋在施工中应注意的问题

环氧树脂涂层钢筋不同于普通钢筋,其表面在运输、加工、安装过程中,涂层较易损坏,易引起钢筋的点锈蚀,对此应严加控制。环氧涂层钢筋进场后应按相关规定进行外观检查和涂

层厚度、连续性、柔韧性检测试验。涂层损坏处应及时修补,修补要完整,修补所使用的涂料应是涂层钢筋供应厂家提供的同一涂层材料。浇筑混凝土时,振捣棒直接碰击钢筋可能造成涂层的损坏,这种损坏是无法修补的,必须要求在振捣棒外加橡皮套等防护措施。

3 结语

厦门演武大桥工程实践表明,通过使用环氧树脂涂层钢筋能有效地防止处于恶劣环境条件下的钢筋被腐蚀,增加钢筋的防腐能力,采用高性能混凝土以保证结构的强度、密实度和抗渗透性,运用防腐涂料外涂层对混凝土表面进行加强保护,以及加强施工过程中的控制管理以确保结构的质量等多种有效措施,可以实现对跨海桥梁混凝土结构耐久性的质量控制。

参考文献

- [1] 胡红梅, 马保国, 钱刚等. 海底隧道衬砌混凝土抗蚀影响因素分析与模拟[J]. 武汉理工大学学报, Vol 29, No 3, 2007(3): 46~49.
- [2] 王廷臣. 环氧树脂涂层钢筋在桥梁结构中的应用[J]. 河北交通科技, 2006年01期.
- [3] HU Hongmei, MA Baoguo, The influence of mineral function materials on chloride ion penetration of concrete [J]. J Wuhan Univ Tech Mater Sci, Vol 20, No 1, 2005 (1): 106~110.
- [4] 袁晓伟. 水胶比对高性能混凝土的强度影响试验[J]. 青海科技, 2005年03期.

(上接第101页)

(3) 金属止水环应与主管满焊密实,采用套管式穿墙管防水构造时,翼环与套管应满焊密实,并在施工前将套管内表面清理干净。

3.2 施工缝

3.2.1 构造处理

(1) 水平施工缝,底板与外墙的水平施工缝,应在缝处设置一圈宽 200mm 的钢板止水带,如图5。

(2) 垂直施工缝,外墙间的垂直施工缝,可在缝处设置一竖直通墙高的宽 200mm 钢板止水带,如图6。

3.2.2 质量保证措施

(1) 防水混凝土施工应保证连续浇筑,尽量少留施工缝。当必须留置时,墙体水平施工缝不应留在剪力与弯矩最大处或底板与侧墙的交接处,应留在高出底板表面不小于 300mm 高的墙体上;当墙体有预留孔洞时,施工缝距孔洞边缘不小于 300mm ,垂直施工缝应避开地下水和裂隙水较多的地段,并应与变形缝相结合。

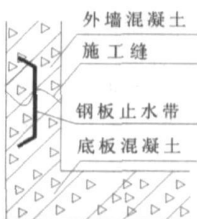


图5

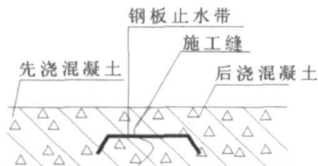


图6

(2) 水平施工缝浇筑混凝土时,应将其表面的浮浆和杂物

清除,先铺净浆,再铺 $30\sim 50\text{mm}$ 厚的 $1:1$ 水泥砂浆或涂刷混凝土界面处理剂,并要及时浇筑混凝土。

(3) 垂直施工缝浇筑混凝土时,应将其表面清理干净,涂刷混凝土界面处理剂,并及时浇筑混凝土。

(4) 施工缝采用遇水膨胀橡胶腻子止水条时,要将止水条牢固地安放在缝表面预留槽内。

4 使用效果

在该防水体系中使用了结构自防水,在施工过程中注意浇筑质量,无需繁杂的施工工序,建造成本大大降低,相对于普通混凝土每立方米建造成本仅增加成本十几元。卷材防水层的外贴法相对于内贴法具有当构筑物与保护墙有不均匀沉降时,对防水层影响较小,防水层做好后即可进行漏水试验,修补方便;相对于沥青复合胎柔性防水卷材、聚乙烯丙纶双面复合卷材等,SBS高聚物改性沥青防水卷材得到了国家产业政策的大力支持,应用技术成熟,是我国建筑防水材料行业无可争议的主导品种。该防水卷材施工每平方米单价仅为四十元左右。

本工程于2003年交付使用,至今未发现渗漏现象。不仅建造成本较低,而且使用维护成本也低,工程寿命周期成本不高,取得了显著的经济效益和良好的社会声誉、社会效益。

参考文献

- [1] GB50108-2001.《地下工程防水技术规范》[S].
- [2] 江景波, 赵卢结.《建筑施工》[M]. 上海: 同济大学出版社, 95年. 85~120
- [3] 全国建筑施工企业项目经理培训教材编写委员会.《施工项目技术知识》[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 96年. 143~190